



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 42 34 521 C 1

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**B 01 D 69/12**  
B 01 D 67/00  
B 01 D 61/36  
// C07C 31/04,31/08

②1 Aktenzeichen: P 42 34 521.9-44  
②2 Anmeldetag: 13. 10. 92  
④3 Offenlegungstag: —  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 24. 2. 94

DE 42 34 521 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Deutsche Carbone AG, 60437 Frankfurt, DE

⑦4 Vertreter:

Bardehle, H., Dipl.-Ing.; Dost, W., Dipl.-Chem.  
Dr.rer.nat.; Altenburg, U., Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte;  
Geißler, B., Dipl.-Phys.Dr.jur., Pat.- u. Rechtsanwälte;  
Rost, J., Dipl.-Ing., 81679 München; Bonnekamp, H.,  
Dipl.-Ing.Dipl.-Wirtsch.-Ing.Dr.-Ing., Pat.-Anwälte,  
40474 Düsseldorf; Pagenberg, J., Dr.jur.; Frohwitter,  
B., Dipl.-Ing., Rechtsanwälte, 81679 München

⑦2 Erfinder:

Steinhauser, Hermann, Dr., 6600 Saarbrücken, DE;  
Hübner, Andreas, Dr., 4750 Unna, DE; Ellinghorst,  
Guido, Dr., 5062 Overath, DE; Brückhe, Hartmut,  
Dr., 6907 Nußloch, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

US 36 57 113  
EP 01 34 055 B1

⑤4 Verfahren zur Herstellung einer Komposit-Plasmamembran und ihre Verwendung

⑤7 Verfahren zur Herstellung von Komposit-Plasmamembranen unter Erzeugung einer porenfreien dichten Polymerschicht auf einer porösen Unterlage durch Plasmapolymerisation eines Gasgemisches, das einen Kohlenwasserstoff als matrixbildende Komponente, einen Stickstoff, Silicium, Schwefel oder Phosphor enthaltende anorganische Verbindung als nichtmatrixbildende Komponente und eine sauerstoffhaltige Verbindung enthält, mittels Glimmentladung in einem elektrischen Wechselfeld. Die Erzeugung der porenfreien dichten Polymerschicht erfolgt ohne Verwendung einer dichten Zwischenschicht, direkt auf einer porösen Unterlage, die auf der der porenfreien Polymerschicht zugewandten Seite einen Porendurchmesser von unter 100 nm aufweist. Die Komposit-Plasmamembranen dienen zur Abtrennung von C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>-Alkanolen aus ihren Gemischen mit anderen organischen Flüssigkeiten nach der Methode der Pervaporation.

DE 42 34 521 C 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Komposit-Plasmamembran und deren Verwendung zur Abtrennung von C<sub>1</sub>—C<sub>3</sub>-Alkoholen aus ihren Gemischen mit organischen Flüssigkeiten mittels Pervaporation.

Es ist bekannt, daß Flüssigkeitsgemische in ihre Komponenten zerlegt werden können, oder daß eine Komponente aus einem Flüssigkeitsgemisch abgetrennt werden kann. Die hierfür bekannten Verfahren sind z. B. Destillation, Rektifikation, Extraktion, Absorption und Adsorption. Die Trennwirkung dieser Verfahren beruht auf einer unterschiedlichen Verteilung der Komponenten in miteinander im Gleichgewicht stehenden Phasen. Dem Fachmann ist allerdings auch bekannt, daß derartige Verfahren gewissen Einschränkungen unterworfen sind. So lassen sich durch einfache Destillation oder Rektifikation azeotrope Gemische oder Gemische von Komponenten mit nahe beieinander liegenden Siedepunkten nicht oder nur unter erhöhtem Aufwand trennen. Entsprechende Einschränkungen gelten für Extraktions- und Adsorptionsverfahren.

Es ist ferner bekannt, daß Flüssigkeitsgemische mittels Membranverfahren getrennt werden können. Da bei Membrantrennverfahren nicht die unterschiedliche Verteilung von Komponenten in verschiedenen Phasen, sondern die unterschiedliche Geschwindigkeit des Stoffdurchgangs der Komponente durch eine Membran zur Trennung benutzt wird, können Membrantrennverfahren häufig dort besonders effektiv eingesetzt werden, wo Gleichgewichtstrennverfahren versagen oder unbefriedigende Ergebnisse liefern. Als Beispiele sind dem Fachmann die Verfahren der Pervaporation und Dämpferpermeation bekannt. In diesem Verfahren wird das Flüssigkeitsgemisch (Zulaufgemisch) in flüssiger oder in dampfförmiger Phase, bevorzugt als Sattedampf, in Kontakt mit einer ersten Seite einer nichtporösen Membran gebracht. Zumindest eine Komponente des Gemisches hat ein höheres Permeationsvermögen in der Membran als die anderen Komponenten. Solange ein Gradient im Partialdampfdruck dieser Komponente zwischen der ersten Seite, der Zulaufseite, und einer zweiten Seite, der Permeatseite, der Membran aufrechterhalten wird, fließt ein Stoffstrom durch die Membran. An der Permeatseite fällt somit ein Permeatstrom an, der eine höhere Konzentration an der bevorzugt permeierenden Komponente aufweist als das Zulaufgemisch; von der Zulaufseite kann ein Stoffstrom abgezogen werden, in dem die Konzentration der bevorzugt permeierenden Komponente geringer ist als im ursprünglichen Zulaufgemisch. Das dampfförmige Permeat kann kondensiert oder durch andere, dem Fachmann bekannte Methoden, kontinuierlich von der Permeatseite der Membran entfernt werden.

In den EP-A-0 096 339, 0 307 636 und 0 442 557 sowie den US-A-4 802 988 und 4 892 661 sind z. B. Membranen beschrieben, die geeignet sind, um Wasser aus seinen Gemischen mit organischen Flüssigkeiten durch Pervaporation abzutrennen. Die nicht-poröse Trennschicht dieser Membran besteht aus Polyvinylalkohol.

Die US-A-4 670 146, 4 728 429 und 4 865 743 sowie die EP-A-0 221 171 beschreiben Membranen für die gleiche Anwendung; die nichtporöse Trennschicht hat ionenaustauschende Eigenschaften.

Die US-A 4 590 098, 4 618 534 und 4 925 562 sowie die EP-A-0 254 758 beschreiben sogenannte hydrophobe Membranen, die bevorzugt organische Komponenten

permeieren, Wasser hingegen zurückhalten und somit zur Abtrennung flüchtiger organischer Stoffe aus Wasser geeignet sind.

In den US-A-5 039 422, 5 039 418, 5 039 417, 5 030 355, 5 019 660, 5 012 035, 4 944 880 und 4 802 987 sowie der DE-A-26 27 629 sind Membranen beschrieben, mit denen aromatische Kohlenwasserstoffe von aliphatischen Kohlenwasserstoffen getrennt werden können.

In der US-A-4 774 365 ist ein Verfahren beschrieben, mit dem überschüssiges Methanol von Ethern und einem C<sub>4</sub> bis C<sub>7</sub>-Schnitt bei der Herstellung von Methyl-tertiärbutyläther (MTBE) und Tertiäramylmethyläther abgetrennt werden kann. Als geeignete Beispiele sind Membranen aus Celluloseacetat, Polyvinylalkohol, Polysulfon, Silikonkautschuk und polysubstituierten Acetylenen genannt, wobei Membranen aus Celluloseacetat und Polyvinylalkohol bevorzugt sind. Nähere Angaben zu den Celluloseacetat-Membranen sind nicht gemacht.

Die US-A-4 877 529 beschreibt eine nicht-poröse Ionenaustauschermembran, wobei ein perfluorierter saurer Ionenaustauscher offenbart wird, dessen seitenständige Säuregruppe durch quartäres Ammoniumsalz neutralisiert ist; die Alkylgruppen des Ammoniumions enthalten jeweils weniger als 4 C-Atome. Diese Membran soll besonders geeignet sein, um bei geringen Methanolkonzentrationen Methanol aus seinen Gemischen mit MTBE abzutrennen.

In der US-A-4 960 519 ist ein Verfahren zur Abtrennung von Methanol aus seinen Gemischen mit sauerstoffhaltigen Verbindungen beschrieben; letztere umfassen organische Ether, Aldehyde, Ketone und Ester. Die offenbarte Membran besitzt eine nicht-poröse Trennschicht aus einem Gemisch aus Polyvinylalkohol und Polyacrylsäure auf einer Polyacrylnitril-Stüttschicht.

In der DE-A-40 29 349 ist ein Verfahren zur Abtrennung von Wasser aus einem Wasser und Alkohol und/oder Carbonsäuren und/oder Carbonsäureester enthaltenden Gemisch beschrieben, bei dem eine durch Plasmapolymerisation erhaltene Membran verwendet wird. Vorzugsweise werden Kompositmembranen verwendet, die aus einer porenfreien, dichten Schicht auf einem porösen Trägermaterial bestehen, wobei die dichte, porenfreie Schicht durch Plasmapolymerisation erzeugt wird. Durch diese Schicht permeiert bevorzugt Wasser, während Alkohole und andere organische Komponenten zurückgehalten werden.

Die Erfindung betrifft somit ein Verfahren zur Herstellung einer Komposit-Plasmamembran gemäß Patentanspruch 1. Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung dieser Komposit-Plasmamembran zur Abtrennung von C<sub>1</sub>—C<sub>3</sub>-Alkoholen aus ihren Gemischen mit organischen Flüssigkeiten mittels Pervaporation gemäß Patentanspruch 9.

#### Plasmapolymerisation

Dem Fachmann ist das Verfahren bekannt, durch das dünne Schichten durch Plasmapolymerisation auf einer Unterlage aufgebracht werden. In einem evakuierbaren Behälter werden zwei einander gegenüberliegende Elektroden installiert, zwischen denen eine Gleich- oder Wechselstromglühladung gezündet wird. Der Druck in dem evakuierten Behälter beträgt dabei im allgemeinen zwischen 10<sup>-3</sup> und 20 mbar. In dem Entladungsraum zwischen den Elektroden werden durch

Stoßprozesse freie Elektronen, positiv und negativ geladene Ionen, angeregte Atome und Moleküle sowie Radikale erzeugt, die miteinander und den Behälter- und Elektrodenoberflächen reagieren können. Enthält das das Plasma bildende Gasgemisch insbesondere organische Moleküle, so können diese ebenfalls fragmentiert werden und, unter Einschluß nicht-organischer Komponenten, auf vielfältige Weise abreagieren. Die dabei entstehenden Stoffe bezeichnet man als Plasmapolymere. Diese unterscheiden sich von durch herkömmliche Reaktionen gebildeten Polymeren dadurch, daß in ihnen keine sich wiederholenden Monomereinheiten identifiziert werden können, sondern daß ein dreidimensionales Netzwerk von unterschiedlichen Atomen und Atomgruppen vorliegt.

Solche Plasmapolymere werden benutzt, um Oberflächen zu modifizieren, etwa um Korrosionseigenschaften, Härte, Reibungskoeffizienten oder optische Eigenschaften zu verändern. Es hat auch nicht an Versuchen gefehlt, durch Plasmapolymere generelle oder selektive Barrierschichten auszubilden und letztere für Trennzwecke zu benutzen. So beschreibt die US-A-3 657 113 ein Verfahren zur zumindest teilweisen Abtrennung fluider Komponenten aus fluiden Gemischen durch bevorzugte Diffusion dieser Komponenten durch eine porenfreie Schicht eines vernetzten Plasmapolymers. Das Plasmapolymere wird bei einem Druck von 0,1–5 Torr in einer Dicke von 0,03 bis 2 µm auf eine Schicht eines amorphen Polymeren aufgebracht. Als bevorzugte amorphe Polymere werden Polyphenylenoxid und Siloxane und ihre Copolymeren genannt. Als Plasmagas sind aromatische Verbindungen, Nitrile und mehrfach ungesättigte Verbindungen bevorzugt; die so erhaltenen Membranen trennen Wasserstoff aus Wasserstoff-Methan-Gemischen. In der EP-A-0 134 055 ist eine Komposit-Membran mit porenfreier Trennschicht beschrieben, wobei die porenfreie, selektive Trennschicht mit einer Dicke von weniger als 0,1 µm auf einer dichten Polymerschicht aus einem herkömmlichen Polymeren aufgetragen ist. Die Schicht aus dem herkömmlichen Polymeren ist zwischen 0,01 und 5 µm dick, besteht vorzugsweise aus Polydimethylsiloxan und wird von einer porösen Unterstruktur getragen. Die durch Plasmapolymersation gebildete selektive Trennschicht ist silikonfrei, kann ihrerseits aber auf der dem zu trennenden Gemisch zugewandten Seite noch eine dünne Schutzschicht tragen, welche bevorzugt aus dem gleichen Material besteht wie die Polymerschicht, auf die die Plasmaschicht aufgetragen ist, z. B. Silicon. Membranen dieser Art sollen bevorzugt für die Trennung von Kohlendioxid und Methan geeignet sein.

Erfindungsgemäß erfolgt die Abscheidung des die selektive Trennschicht bildenden Plasmapolymers in einer Apparatur, die aus einem evakuierbaren Behälter mit Druckregelung und regelbaren Gaseinlaßsystemen sowie Einrichtungen zur Messung des Gesamtdruckes und der Partialdrücke der Gaskomponenten besteht. In dem Behälter befinden sich zwei einander gegenüberliegende Elektroden, deren eine geerdet ist. Auf einer Elektrode befindet sich das poröse Substrat, auf dem die Plasmapolymerschicht abgeschieden wird. Zwischen den beiden Elektroden liegt ein elektrisches Wechselfeld mit Frequenzen von 10 kHz bis 20 GHz, mit regelbarer elektrischer Leistung des Wechselfeldes. In einer bevorzugten Ausführung wird hierbei eine Bahn des porösen Substrates mit geregelter Geschwindigkeit über eine Elektrode gezogen, so daß eine kontinuierliche Abscheidung einer Plasmapolymerschicht erfolgt.

Es hat sich in überraschender Weise gezeigt, daß porenfreie, dichte Plasmapolymerschichten auf einem porösen Substrat direkt abgeschieden werden können, ohne daß zunächst eine dichte Zwischenschicht zwischen porösem Substrat und Plasmapolymerschicht aufgebracht werden muß. Nach der vorliegenden Erfindung können poröse Materialien aus Kohlenstoff, Metall, Keramik oder Polymeren als Substrate benutzt werden, wobei bevorzugt Substrate in Form von porösen Membranen mit asymmetrischer Porenstruktur, z. B. aus Polyacrylnitril, Polysulfon oder anderen Polymeren Verwendung finden.

Erfindungswesentlich ist dabei, daß diese Substrate auf der Oberfläche, auf der die Plasmapolymerschicht abgeschieden wird, Poren mit einem Durchmesser von weniger als 100 nm aufweisen. Größere Poren können mit der Plasmapolymerschicht nicht mehr sicher überbrückt werden, so daß Fehlstellen entstehen. Vorzugsweise besitzen die Poren eine möglichst einheitliche Porengröße, mit einer mittleren Porenweite von 5 bis 40 nm. Poröse Membranen mit asymmetrischer Porenstruktur sind an sich bekannt und finden zum Beispiel in großem Umfang für die Ultrafiltration Verwendung. Üblicherweise besitzen sie eine Dicke von 30 bis 150 µm. Die kommerziell erhältlichen Membranen weisen zusätzlich einen Träger aus einem Vlies oder einem Gewebe auf und besitzen dann eine Gesamtdicke von 100 bis 300 µm.

Das im Bereich der Glimmentladung zwischen den Elektroden befindliche Gasgemisch, aus dem das Plasmapolymere gebildet wird, enthält mindestens eine matrixbildende und mindestens eine nicht-matrixbildende Komponente sowie weiterhin eine sauerstoffhaltige Komponente.

Als matrixbildende Komponente können alle Kohlenwasserstoffe verwendet werden, die bei 50°C einen Dampfdruck von mindestens 0,5 mbar aufweisen. Beispiele für geeignete Kohlenwasserstoffe sind aliphatische Kohlenwasserstoffe mit 1 bis 12 C-Atomen, wie Methan, Butan oder Decan, oder aromatische Kohlenwasserstoffe, wie Benzol oder Toluol. Bevorzugt sind niedermolekulare Kohlenwasserstoffe mit mindestens einer C–C-Doppelbindung, wobei Ethen und Propen besonders bevorzugt sind.

Bei der nicht-matrixbildenden Komponente handelt es sich um anorganische Verbindungen, die Stickstoff, Silicium, Schwefel oder Phosphor enthalten und bei 50°C einen Dampfdruck von mindestens 1 mbar aufweisen. Beispiele für geeignete Verbindungen sind Wasserstoffverbindungen, wie Ammoniak, Silane, Schwefelwasserstoff oder Phosphine, oder Oxide von Stickstoff, Schwefel oder Phosphor, zum Beispiel Lachgas, Schwefeldioxid oder Schwefeltrioxid. Bevorzugt sind stickstoffhaltige Verbindungen, wie Ammoniak, Hydrazin oder Stickstoff, wobei Ammoniak besonders bevorzugt ist.

Geeignete sauerstoffhaltige Komponenten sind Sauerstoff, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid und Wasser. Bevorzugt sind Sauerstoff, Kohlendioxid und Wasser.

Matrixbildende und nicht-matrixbildende Komponente werden im allgemeinen in einem Molverhältnis von 0,2 bis 5, bevorzugt 0,5 bis 1,5 eingesetzt.

Die sauerstoffhaltige Komponente wird im allgemeinen in einem Molverhältnis, bezogen auf die Summe aus matrixbildender und nichtmatrixbildender Komponente, von 0,05 bis 0,3, bevorzugt 0,1 bis 0,2, verwendet. Der Druck im Plasmareaktor beträgt im allgemeinen  $10^{-3}$  bis 10 mbar, vorzugsweise 0,1 bis 1 mbar. Das elektri-

sche Feld arbeitet im allgemeinen im Bereich von 10 kHz bis 5 GHz, vorzugsweise 20 kHz bis 14 MHz. Im allgemeinen wird mit einer elektrischen Leistung von 0,01 bis 3 Watt pro cm<sup>2</sup> Elektrodenfläche, vorzugsweise 0,1 bis 1 Watt pro cm<sup>2</sup> gearbeitet. Die Abscheidungszeit beträgt im allgemeinen 2 s bis 1 Stunde, vorzugsweise 20 s bis 10 min. Die Dicke der abgeschiedenen Plasmapolymerschicht beträgt im allgemeinen 0,1 bis 2 µm, vorzugsweise 0,5 bis 1 µm.

Die erfindungsgemäß hergestellten Membranen finden vorzugsweise Verwendung für die Abtrennung von C<sub>1</sub>–C<sub>3</sub>-Alkanolen aus ihren Gemischen mit organischen Flüssigkeiten mittels Pervaporation, wobei das zu trennende Flüssigkeitsgemisch auf der Zulaufseite der Membran in flüssiger Phase oder als Dampfphase aufgegeben wird. Aus diesem Grund werden für das beschriebene Membrantrennverfahren anstelle des Ausdrucks Pervaporation auch die Bezeichnungen Dampfpermeation oder Dämpfpermeation verwendet. Der hier verwendete Ausdruck Pervaporation ist in diesem umfassenden Sinn zu verstehen.

Bei den C<sub>1</sub>–C<sub>3</sub>-Alkanolen handelt es sich um Methanol, Ethanol, Propanol und Isopropanol. Diese Alkanole liegen in dem Ausgangsgemisch zusammen mit anderen organischen Verbindungen vor, bei denen es sich vorzugsweise um Kohlenwasserstoffe oder Heteroatome enthaltende Verbindungen handelt, wobei das Heteroatom vorzugsweise Sauerstoff ist. Beispiele für Gemischkomponenten sind aliphatische Kohlenwasserstoffe wie Hexan oder Heptan, aromatische Kohlenwasserstoffe, wie Benzol oder Toluol, sowie insbesondere sauerstoffhaltige Verbindungen, wie Ether, Aldehyde, Ketone, Ester und Carbonsäuren. Hierbei ist insbesondere die Abtrennung der Alkanole aus solchen Gemischen interessant, bei denen es zu einer Azeotropbildung kommt und die somit nach anderen klassischen Verfahren nur sehr schwierig zu trennen sind. Ein spezielles Anwendungsgebiet ist die Abtrennung des entsprechenden Alkanols bei der Herstellung von Alkyltertiärbutylethern.

Es hat sich in überraschender Weise gezeigt, daß erfindungsgemäß hergestellte Membranen eine hohe Permeabilität für C<sub>1</sub>–C<sub>3</sub>-Alkanole besitzen, andere organische Komponenten wie Kohlenwasserstoffe und Heteroatome enthaltende Kohlenwasserstoffe aber zurückhalten.

Die Beispiele erläutern die Erfindung. Alle Prozentangaben sind in Gewichtsprozent.

#### Beispiel 1 (Kontrollbeispiel)

In einem evakuierbaren Gefäß, das mit einer Druckregelung, regelbaren Zuführungen für gas- oder dampfförmige matrixbildende, nicht-matrixbildende und sauerstoffhaltige Komponenten versehen ist und zwei einander gegenüberliegende Elektroden enthält, zwischen denen ein elektrisches Wechselfeld angelegt werden kann, wird auf einer der Elektroden eine poröse Membran aus Polyacrylnitril mit asymmetrischer Porenstruktur angebracht. Die Membran besitzt auf der "Feinseite" Poren mit einem mittleren Porendurchmesser von 20 nm. Das Gefäß wird auf einen Gesamtdruck von 10<sup>-4</sup> mbar evakuiert. Als matrixbildendes Gas wird Ethylen mit einer Rate von 1,34 mmol/min eingelassen, als nichtmatrixbildendes Gas Ammoniak mit 1,65 mmol/min. Der Gesamtdruck wird auf 0,4 mbar gehalten. Zwischen den Elektroden, die jeweils eine Fläche von 630 cm<sup>2</sup> haben, wird eine elektrische Entladung mit ei-

ner Frequenz von 37 Kilohertz gezündet, wobei mit einer Leistung von 500 Watt gearbeitet wird. Nach einer Abscheidungszeit von 5 min werden Gaszufuhr und elektrisches Wechselfeld abgeschaltet, der Reaktor mit Luft geflutet und die Membran entnommen.

In einem Pervaporationstest wurde die Leistung dieser Membran mit einem Zulaufgemisch aus n-Heptan und Methanol bei 50°C getestet. Bei einer Methanolkonzentration von 5,4% im Zulauf wurde ein Fluß von 0,19 kg/m<sup>2</sup>h bei einer Konzentration von 45% Methanol im Permeat gemessen; bei 1,8% Methanol im Zulauf beträgt der Fluß 0,096 kg/m<sup>2</sup>h, das Permeat enthält 18% Methanol.

#### Beispiel 2

Wie in Beispiel 1 beschrieben, wird eine Plasmapolymermembran hergestellt. Die Gasflüsse der matrixbildenden und nicht-matrixbildenden Komponenten sind unverändert, ebenso der Gesamtdruck. Zusätzlich wird Sauerstoff mit einer Rate von 0,38 mmol/min eingelassen, bei einer Frequenz von 37 kHz beträgt die elektrische Leistung 215 W, die Behandlungszeit 5 min. Man erhält eine Trennschicht mit einer Dicke von 0,5 µm. Bei einem Pervaporationstest wie in Beispiel 1 erhält man bei 5,1% Methanol im Zulauf einen Fluß von 2,2 kg/m<sup>2</sup>h und eine Methanolkonzentration im Permeat von 99,4%.

#### Beispiel 3

Eine Membran wie im Beispiel 1 wird hergestellt; als matrixbildendes Gas dient Ethen mit 1,27 mmol/min, als nicht-matrixbildendes Gas Ammoniak mit 1,7 mmol/min. Ferner wird Kohlendioxid mit einer Rate von 0,22 mmol/min zugesetzt, der Gesamtdruck wird auf 0,8 mbar eingestellt. Bei 37 kHz werden 500 W 3 min lang aufrechterhalten. Die erhaltene Membran besitzt eine Trennschicht mit einer Dicke von 0,6 µm und ergibt im Pervaporationstest wie im Beispiel 1 bei 3,4% Methanol im Zulauf einen Fluß von 1,3 kg/m<sup>2</sup>h mit einer Permeatkonzentration von 98,9% Methanol.

#### Beispiel 4

Wie im Beispiel 1 wird eine Membran hergestellt; als Substrat dient eine asymmetrische Polysulfon-Ultrafiltrationsmembran, die auf der Feinseite Poren mit einem mittleren Porendurchmesser von 30 nm besitzt. Ethen wird mit 1,34 mmol/min eingelassen, als nicht-matrixbildende Komponente Stickstoff mit 0,8 mmol/min, ferner Wasser mit 0,25 mmol/min. Bei einem Gesamtdruck von 0,8 mbar, einer Leistung von 425 W bei 37 kHz und einer Zeit von 5 min wurde eine Membran mit einer Trennschichtdicke von 0,5 µm Dicke erhalten, die im Pervaporationstest von Beispiel 1 bei 2,4% Methanol im Zulauf einen Fluß von 0,2 kg/m<sup>2</sup>h mit einer Permeatkonzentration von 96,9% Methanol lieferte.

#### Beispiel 5

Wie im Beispiel 1 wurde eine Plasmapolymerschicht auf einer porösen asymmetrischen Polyacrylnitril-Ultrafiltrationsmembran mit einem mittleren Porenradius auf der Feinseite von 14 nm abgeschieden. Als matrixbildendes Gas diente Propen mit 1,3 mmol/min, als nicht-matrixbildende Komponente Ammoniak mit 1,6 mmol/min, ferner wurden 0,4 mmol/min Sauerstoff zudosiert.

Bei einem Gesamtdruck von 0,8 mbar wurde mit 35 kHz bei 215 W 5 min behandelt. Hierbei wurde eine Membran mit einer Trennschicht von 0,5  $\mu\text{m}$  Dicke erhalten. Für den Pervaporationstest wurde ein Gemisch aus 70,1% Ethyltertiärbutylether und 29,9% Ethanol bei 50°C verwendet. Der Fluß durch die Membran betrug 1,13 kg/m<sup>2</sup>h, das Permeat enthielt 94,8% Ethanol.

unter Verwendung einer Komposit-Plasmamembran, dadurch gekennzeichnet, daß man eine Komposit-Plasmamembran, erhalten nach einem der Ansprüche 1 bis 8 verwendet.

#### Beispiel 6

Die Membran aus Beispiel 5 wurde mit einem Gemisch von 70% Tetrahydrofuran und 30% Methanol getestet. Bei 70°C wurde ein Fluß von 5,8 kg/m<sup>2</sup> gemessen, das Permeat enthielt 98,5% Methanol.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Komposit-Plasmamembran unter Erzeugung einer porenfreien dichten Polymerschicht auf einer porösen Unterlage durch Plasmapolymersation eines Gasgemisches, das einen oder mehrere Kohlenwasserstoffe als matrixbildende Komponente und eine oder mehrere Stickstoff, Silicium, Schwefel oder Phosphor enthaltende anorganische Verbindungen als nicht-matrixbildende Komponente enthält, mittels Glimmentladung in einem elektrischen Wechselfeld, dadurch gekennzeichnet, daß man von einem Gasgemisch ausgeht, das zusätzlich eine sauerstoffhaltige Verbindung enthält, und die Erzeugung der porenfreien dichten Polymerschicht, ohne Verwendung einer dichten Zwischenschicht, direkt auf einer porösen Unterlage vornimmt, die auf der der porenfreien Polymerschicht zugewandten Seite einen Porendurchmesser von unter 100 nm aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man als sauerstoffhaltige Komponente Sauerstoff, Kohlendioxid oder Wasser verwendet.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß man als poröse Unterlage eine asymmetrische Membran verwendet, die auf ihrer Feinseite Poren mit einem mittleren Porendurchmesser von 5 bis 40 nm aufweist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man als Kohlenwasserstoff Ethen oder Propen verwendet.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man als nicht-matrixbildende Komponente Ammoniak oder Stickstoff verwendet.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man ein elektrisches Wechselfeld mit einer Frequenz von 20 kHz bis 14 MHz anwendet.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man bei der Glimmentladung mit einer elektrischen Leistung von 0,1 bis 1 W pro cm<sup>2</sup> Elektrodenoberfläche arbeitet.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man bei dem plasmabildenden Gasgemisch einen Druck von 0,1 bis 1 mbar einstellt.
9. Verfahren zur Abtrennung von C<sub>1</sub>—C<sub>3</sub>-Alkanolen aus ihren Gemischen mit anderen organischen Flüssigkeiten nach der Methode der Pervaporation

- Leerseite -